

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 11 SEP 2000	
WIPO	PCT

DE 00/2012

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 199 30 189.1

**Anmeldetag:** 30. Juni 1999

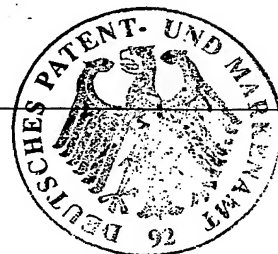
**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen  
elektronischen Schaltungssystemen und Sub-  
straten sowie Verfahren zu deren Herstellung

**IPC:** H 01 L 23/50

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 27. Juli 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



1

## Beschreibung

Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen elektronischen  
Schaltungssystemen und Substraten sowie Verfahren zu deren  
5 Herstellung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrisch-mechani-  
sche Verbindung zwischen elektronischen Schaltungssystemen  
und Substraten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 so-  
wie ein Verfahren zu deren Herstellung nach Patentanspruch  
10 31.

Unter elektronischen Schaltungssystemen werden im Rahmen vor-  
liegender Erfindung Festkörperschaltungssysteme, insbesondere  
15 integrierte Halbleiterschaltkreise, verstanden. Speziell be-  
zeichnet der Begriff System etwa bei einem integrierten Halb-  
leiterschaltkreis den die elektronischen Schaltungsfunktions-  
elemente wie Transistoren, Dioden, Kapazitäten usw. enthal-  
tenden Halbleitermaterialkörper sowie die darauf befindlichen  
20 die Schaltungsfunktionselemente verbindenden metallischen  
Leiterbahnen und Anschlußelemente.

Die Anschlußelemente können flächige Metallbelegungen, sog.  
5 Pads, oder auch kugelige metallische Elemente, sog. Bumps,  
sein.

Unter Substraten werden im Rahmen vorliegender Erfindung  
Schaltungsplatten wie gedruckte Schaltungen oder Schaltungs-  
platinen verstanden. Auch derartige Substrate besitzen An-  
30 schlußelemente der vorgenannten Art, im allgemeinen in Form  
von Pads.

Es ist bekannt, elektrisch-mechanische Verbindungen der in  
Rede stehenden Art mittels eines elektrisch leitende Körner  
35 enthaltenden Klebers zu realisieren. Eine derartige elek-  
trisch-mechanische Verbindung wird nachfolgend anhand von  
Fig. 1 erläutert.

lateralen Richtung eine elektrisch leitende Verbindung entsteht.

5 Um anzudeuten, daß die elektrisch leitenden Körner 23 zwischen einander zugekehrten Pads 11 und 21 beim Zusammenpressen verformt werden können, sind sie schematisch oval dargestellt, während die Körner 22 in den lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11 und 21 unverformt bleiben und daher schematisch kreisförmig dargestellt sind.

10

Bei der vorstehend beschriebenen Art einer elektrisch-mechanischen Verbindung müssen für eine zuverlässige Funktionsweise folgende Bedingungen erfüllt sein.

15 Erstens muß der Kleber 24 beim Abbinden und im Betrieb von Schaltungssystem 10 und Substrat 20 ausreichend hohe Schrumpfkraft entwickeln, um ein dauerhaftes Zusammenpressen und damit eine zuverlässige mechanische Verbindung von Schaltungssystem 10 und Substrat 11 zu gewährleisten. Kleber haben  
20 jedoch im allgemeinen keine guten Eigenschaften hinsichtlich Haftung und Feuchtebeständigkeit, so daß eine solche Verbindung nicht hinreichend zuverlässig ist. Insbesondere kann es bei thermischer Wechselbelastung zu hohen Scherkräften in der Klebefuge kommen, wodurch der Kleber aufbrechen und dadurch  
5 die elektrische Verbindung durch die elektrisch leitenden Körner 23 unterbrochen werden kann. Darüber hinaus kann in die Fuge eindringende Feuchtigkeit bei Erwärmung ganze Bereiche des Schaltungssystems 10 vom Substrat 20 absprennen. Diesen Nachteilen steht der Vorteil gegenüber, daß Kleber nicht  
30 strukturiert zu werden brauchen.

Zweitens muß der Füllgrad der elektrisch leitenden Körner 22, 23 im Kleber 24 einerseits so groß sein, daß gewährleistet ist, daß zur Sicherstellung einer elektrisch leitenden Verbindung  
35 zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 mindestens ein elektrisch leitendes Korn 23 vorhanden ist. Andererseits darf der Füllgrad nicht so hoch sein, daß die Gefahr von

verbleiben aber die oben in Verbindung mit dem Kleber beschriebenen Probleme.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrisch-mechanische Verbindung der in Rede stehenden Art anzugeben, die auch bei feinen elektrisch leitenden Strukturen auf elektronischen Schaltungssystemen und Substraten sowohl mechanisch und elektrisch stabil als auch elektrisch kurzschlußsicher ist.

10

Diese Aufgabe wird bei einer elektrisch-mechanischen Verbindung der gattungsgemäßen Art erfindungsgemäß durch die Maßnahmen nach dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst.

15

Ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrisch-mechanischen Verbindung ist durch die Maßnahmen des Patentanspruchs 31 gekennzeichnet.

20

Weiterbildungen der erfindungsgemäßen elektrisch-mechanischen Verbindung sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand entsprechender Unteransprüche.

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

30

Figuren 1 bis 3 die oben bereits erläuterten bekannten Ausführungsformen und

Fig. 4 eine der Fig. 1 entsprechende schematische Darstellung einer elektrisch-mechanischen Verbindung zur Erläuterung erfindungsgemäßer Ausführungsformen.

35

Der Kern der Erfindung ist darin zu sehen, daß zusätzlich zu einer Preßverbindung zur Realisierung der elektrischen Verbindung eines elektronischen Schaltungssystems mit einem Sub-

Nachfolgend wird nun eine erste Ausführungsform einer Lötverbindung im erfindungsgemäßen Sinne erläutert.

Bei dieser Ausführungsform bestehen die Mikrokapseln aus mit  
5 einem Dielektrikum 22-2, 23-2 überzogenen elektrisch leitenden Körnern 22-1, 23-1, die ihrerseits aus einem Metall der Gruppe Kupfer, Nickel, Silber, Gold, einer lötbaren Metallegerung oder einem mit einem elektrisch leitenden Metall, beispielsweise Silber überzogenen Isolator, beispielsweise  
10 Zinnoxid, bestehen können. Wie Mikrokapseln der letztgenannten Art herstellbar sind, ist beispielsweise aus "JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE" 28 (1993), Seiten 5207-5210 bekannt.

Als Dielektrikum 22-2, 23-2 kann ein Isolierlack Verwendung  
15 finden, der auch die Funktion eines Lotflußmittels übernehmen kann.

Für den Lötvorgang sind zur Realisierung der elektrisch leitenden Verbindung vom elektronischen Schaltungssystem 10 und  
20 Substrat 20 auf den Pads 11, 21 Lotschichten 25, 27 vorgesehen, für die ein Metall aus der Gruppe Zinn, Indium, Gallium oder eine niedrigschmelzende Metallegierung Verwendung finden kann. Die Lotschichten 25, 27 werden vorzugsweise durch selektive stromlose Abscheidung auf den Padflächen hergestellt, wodurch ausreichend plane Oberflächen herstellbar sind.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden in den Kleber 24 oder einen in Fig. 4 nicht eigens dargestellten Polymerfilm eingebettete Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 zwischen das  
30 elektronische Schaltungssystem 10 und das Substrat 20 eingebracht und diese so stark zusammengepreßt, daß das Dielektrikum 23-2 von zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 befindlichen Mikrokapseln 23-1, 23-2 aufgebrochen wird. Die Anordnung wird nach dem Zusammenpressen auf eine Temperatur  
35 oberhalb der Schmelztemperatur des Lotmaterials der Lotschichten 25, 27 erwärmt. Dabei kommt das geschmolzene Lot mit dem Material der elektrisch leitenden Körner 23-1 der Mi-

schicht zwischen den Pads 11, 21 befindet und die Pad-Oberflächen ausreichend plan sind. Dann werden alle zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 befindlichen Mikrokapseln 23-1, 23-2 gequetscht, so daß deren elektrisch leitende Körner 23-2 bzw. deren elektrisch leitende Teile mit dem Lotmetall in Kontakt kommen.

Die Einlagigkeit ist besonders gut realisierbar, wenn - wie bereits ausgeführt - die Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 vorher in einen Polymerfilm eingebettet werden. Wie derartige Filme mit darin eingebetteten Mikrokapseln im einzelnen aufgebaut und herstellbar sind, ist beispielsweise aus 1992 "IEEE", Seiten 473 bis 480 und 487 bis 491 an sich bekannt. Ein solcher Film garantiert die laterale Isolation der Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 und kann die Funktion eines Abstandshalters übernehmen. In Anpassung an die zu verbindenden Flächen können Formteile hergestellt werden. Der Kleber 24 kann dann ggf. entfallen.

Es sei noch einmal erwähnt, daß die vorstehend beschriebene Ausgestaltung in Fig. 4 nicht eigens dargestellt ist. Auch sind bei nicht vorhandenem Kleber 24 Lötverbindungen zwischen im oben genannten Sinne unwirksamen Pads 11, 21 und Mikrokapseln 23-1, 23-2 in Fig. 4 nicht eigens dargestellt. In Fig. 4 könnten jedoch beispielsweise die beiden in der Zeichenebene rechtsseitigen Pads 11, 21 als "unwirksame" und die beiden linksseitigen Pads 11, 21 als "wirksame" Pads angesehen werden.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 Verwendung finden, die mindestens teilweise aus einem Lotmetall bestehen.

Gemäß einer Variante dieser Ausführungsform bestehen die elektrisch leitenden Körner 22-1, 23-1 vollständig aus Lotmetall, wobei als Lotmetall ein Metall aus der Gruppe Zinn, Indium, Gallium oder eine Weichlotlegierung verwendbar ist. Als

22-1, 22-2, 23-1, 23-2 beispielsweise aus Zinn und die Pads 11, 21 von elektronischem Schaltungssystem 10 und Substrat 20 aus Kupfer oder Nickel bestehen. Besitzen die elektrisch leitenden Körner der Mikrokapseln einen Durchmesser von kleiner als 10  $\mu\text{m}$ , so wird beim Kontakt des Lotmetalls und des Pad-Metalls das Zinn vollständig in die intermetallische Phase 26, 28 umgewandelt. Es entsteht wiederum eine elektrisch-mechanische Verbindung mit gegenüber dem des Lotmetalls wesentlich höherem Schmelzpunkt und daher ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften wie hohe Zugfestigkeit und Kriechfreiheit.

Elektrisch leitende Körner mit kleinem Durchmesser in der Größenordnung von 10  $\mu\text{m}$  und vorzugsweise kleiner als 10  $\mu\text{m}$  sind aus mehreren Gründen vorteilhaft.

Erstens dauert beim Diffusionslöten der Prozeß der chemischen Umwandlung um so länger, je dicker die elektrisch leitenden Körner sind. Beispielsweise bei einem Durchmesser von 40  $\mu\text{m}$  dauert die Reaktion über eine halbe Stunde. Bei Durchmessern von kleiner als 10  $\mu\text{m}$  liegt die Reaktionszeit in der Größenordnung von Minuten.

Zweitens müssen die Pads 11, 21 ausreichend dick sein, um genügend Metall für die Umwandlungsreaktion liefern zu können. Bei elektrisch leitenden Körnern mit den bevorzugten Durchmessern steht vergleichsweise wenig Lotmetall zur Verfügung, so daß für eine vollständige Umwandlung auch entsprechend wenig Pad-Metall verfügbar zu sein braucht.

Drittens sind geringe Durchmesser der elektrisch leitenden Körnern im Interesse fein strukturierter Kontakte, was besonders für integrierte Halbleiterschaltkreise mit großem Integrationsgrad von Vorteil ist.

Viertens bestimmt der Durchmesser der elektrisch leitenden Körner die Dicke der Lötfläche. Dünne Lötflächen haben ein besse-

Ebenso wie bei den beiden oben erläuterten Ausführungsformen werden solche elektrisch leitenden Körner 22-1, 22-2 mit einem Dielektrikum 22-2, 23-2 in Form einer Isolierlack-schicht überzogen. Es sei erwähnt, daß in den Figuren 2 bis 4 nicht eigens dargestellt ist, daß die elektrisch leitenden Körner ihrerseits zweiteilig ausgebildet sein können.

Ein Vorteil von elektrisch leitenden Körnern 22-1, 23-1 in Form von mit Lotmetall überzogenen Metallkernen ist darin zu sehen, daß der Lötprozeß, wiederum vorzugsweise in Form des Diffusionslötprozesses, wegen der überall sehr dünnen Lot-schicht sehr schnell und exakt abläuft. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß auch bei nicht mit Pads 11, 21 in Kontakt tretenden Mikrokapseln 22-1, 22-2 in den lateralen Zwischen-räumen zwischen Pads 11, 21 das Lot mit dem Kernmetall rea-giert und in eine intermetallische Phase umgewandelt wird. Auch solche Mikrokapseln sind daher über die Schmelztempera-tur des Lotes hinaus temperaturfest, weil sie nicht mehr flüssig werden können.

20

Darüber hinaus kann wegen der geringen Dicke der Lotschichten der elektrisch leitenden Körner und der damit relativ gerin-gen Lotmetallmenge die Dicke der Pads 11, 21 reduziert wer-den, weil für eine vollständige Umwandlung der Lotmenge eine entsprechend geringe Pad-Materialmenge erforderlich ist. Ein weiterer Grund für Lotschichten geringer Dicke ist darin zu sehen, daß Pads nicht mehr erhaben sein müssen, weil das Lot der elektrisch leitenden Körner auch bei aufbrechender Iso-lierlackschicht nicht mehr "auslaufen" kann, da das Lot wegen der geringen Schichtdicke bei guter Benetzung der Metallkern-oberfläche an dieser haften bleibt.

30

Aus den genannten Gründen kann sich bei allen Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 sowohl in lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 als auch zwischen einander zugekehrten Pads bei Betriebstemperaturen der Anordnung kein zu Kurz-schlüssen führendes flüssiges Lot mehr bilden.

35



Weiterhin ist wegen des möglichen hohen Füllgrades der Mikrokapseln auch bei kleinen Anschlußelementstrukturen eine sichere elektrische Verbindung bei guter Wärmeleitung sowie - wegen der mechanischen Lötverbindung über die verlöteten

5 Mikrokapseln - im Vergleich zu einer reinen Klebeverbindung eine wesentlich sicherere mechanische Verbindung gewährleistet.

Schließlich ist auch eine hohe Temperaturfestigkeit der me-

10 chanisch-elektrischen Verbindung gewährleistet, weil der Verbindungsvorgang insgesamt so gestaltet werden kann, daß keine Rückstände, wie etwa Isolationen aus Metalloxiden, Glas oder Keramik oder Bindemittel in der Verbindung verbleiben.

---

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die mecha-  
nisch feste Verbindung zwischen elektronischem Schaltungssy-  
stem (10) und Substrat (20) durch eine Lötverbindung zwischen  
für die bestimmungsgemäße elektronische Funktionsweise von  
5 elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) un-  
wirksamen Anschlußelementen (11, 21) gebildet ist.

6. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche  
1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als  
10 Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Dielektrikum (23-2) über-  
zogene elektrisch leitende Metallkörner (23-1) aus der Me-  
tallgruppe Kupfer, Nickel, Silber, Gold, Verwendung finden.

7. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche  
15 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als  
Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Dielektrikum (23-2) über-  
zogene elektrisch leitende Metallkörner (23-1) aus einer löt-  
baren Metallegierung Verwendung finden.

20 8. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche  
1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als  
Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Dielektrikum (23-2) über-  
zogene metallisierte isolierende Körner (23-1) Verwendung  
finden.

5 9. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als metalli-  
sierte isolierende Körner (23-1) versilberte Zinnoxidkörner  
Verwendung finden.

30 10. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprü-  
che 6 bis 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
als Dielektrikum (23-2) der Mikrokapseln (23-1, 23-2) ein  
Isolierlack Verwendung findet.

35 11. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Material für die Anschlußelemente (11, 21) Kupfer oder Nickel Verwendung findet.

5 18. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß eine einlagige in einem Polymerfilm eingebettete Schicht aus Mikrokapseln (23-1, 23-2) gleicher Größe vorgesehen sind.

10 19. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Isolierlack (23-2) überzogene elektrisch leitende Metallkörner (23-1) Verwendung  
15 finden, die mindestens teilweise aus einem Lotmetall bestehen.

20. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die elektrisch leitenden Körner (23-1) der Mikrokapseln (23-1, 23-2)  
20 vollständig aus Lotmetall bestehen.

21. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19 oder 20, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für die elektrisch leitenden Körner (23-1) ein Lotmetall aus der  
5 Gruppe Zinn, Indium, Gallium Verwendung findet.

22. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19 oder 20, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für die elektrisch leitenden Körner (23-1) eine Weichlotlegierung  
30 Verwendung findet.

23. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für die Anschlußelemente (11, 21) von elektronischem  
35 Schaltungssystem (10) und Substrat (20) ein lötbare Metall Verwendung findet.

31. Verfahren zur Herstellung einer elektrisch-mechanischen Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß nach dem Einbringen von in einem Kleber (24) oder einem Polymerfilm eingebetteten Mikrokapseln (23-1, 23-2) zwischen elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) diese so stark zusammengepreßt werden, daß das Dielektrikum (23-2) auf zwischen einander zugekehrten Anschlußelementen (11, 21) befindlichen elektrisch leitenden Körnern (23-1) aufgebrochen wird und die Lötverbindung (25 bis 28) zwischen den Mikrokapseln (23-1, 23-2) durch Diffusionslötten hergestellt wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß auf Anschlußelemente (11, 21) Lotmetallschichten (25, 27) in einer solchen Dicke aufgebracht werden, daß bei einem Diffusionslötprozeß zwischen Metallen der elektrisch leitenden Körner (23-1) bzw. Körnern (23-1) in Form von metallisierten Isolatoren und dem Lotmetall das Lotmetall vollständig zu einer intermetallischen Phase (26, 28) umgewandelt wird.

33. Verfahren nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß bei Verwendung von Mikrokapseln (23-1, 23-2), deren elektrisch leitende Körner (23-1) vollständig aus Lotmetall bestehen, sowie lotmetallfreien Anschlußelementen (11, 21) auf elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) die Dicke der Anschlußelemente (11, 21) so gewählt ist, daß ausreichend Material für den Umwandlungsprozeß beim Diffusionslötten zur Verfügung steht.

34. Verfahren nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß bei Verwendung von Mikrokapseln (23-1, 23-2), deren elektrisch leitende Körner (23-1) aus einem mit einem Lotmetall überzogenen elektrisch leitenden Metallkern bestehen, sowie lotmetallfreien Anschlußelementen (11, 21) auf elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) die Dicke der Anschlußelemente (11, 21) und des Lotmetalls so

## Zusammenfassung

Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen elektronischen  
Schaltssystemen und Substraten sowie Verfahren zu deren Her-  
5 stellung

Bei einer elektrisch-mechanischen Verbindung zwischen elek-  
tronischen Schaltungssystemen (10) und Substraten (20) sind  
diese mechanisch fest miteinander verbunden, stehen deren  
10 elektrische Anschlußelemente (11, 21) über Mikrokapseln (23-  
1, 23-2), die aus mit einem Dielektrikum (23-2) beschichte-  
ten, mindestens teilweise elektrisch leitenden Körnern (23-1)  
bestehen, in elektrisch leitender Verbindung und besteht eine  
elektrisch leitende Lötverbindung (25 bis 28) zwischen Mikro-  
15 kapseln (23-1, 23-2) mit aufgebrochenem Dielektrikum (23-2)  
und den elektrischen Anschlußelementen (11, 21).

Figur 4